



Tielaitos

Kalevi Ylinampa ja Heikki Vesa

Bitumistabilointi

Käytännön ohjeita

Mitoitus



**Tielaitoksen
selvityksiä**

4/1990

Oulu 1990

**Oulun tuotanto-
tekninen
kehitysyksikkö**

22.10.1990

Okky-33 3/331/90

Jakelussa mainitut

BITUMISTABILOINTI - TUTKIMUS

Oulun kehitysyksikkö lähettää oheisena tiedoksenne tielaitoksen selvityksen nro 4 "BITUMISTABILOINTI".

Selvityksessä käsitellään tärkeäksi katsottuja bitumistabiloinnin suunnitteluun, työn suoritukseen ja laadunvalvontaan liittyviä asioita, jotka tulisi huomioida onnistuneen lopputuloksen aikaansaamiseksi.

Raportissa käsitellään myös tekijöitä, joiden tarkoitus on helpottaa menetelmän soveltuvuuden arviointia tapauskohtaisesti rakenteenparantamistöissä.

Selvitys pohjautuu kirjallisuus- ja tutkimustietoihin sekä bitumistabilointitöistä saatuihin käytännön kokemuksiin.

Raportin lisäkappaleita voi tilata lomakevarastosta, TIEL 703899.

Yksikön päällikkö

Heikki Suni

JAKELU

Tiepiirit	3 kpl (ylitiemestari, rakentaminen, kirjasto)
TIEH/Kirjasto	1 kpl
TIEH/Skk	1 kpl
TIEH/Tt	1 kpl
TIEH/Tg	1 kpl
TIEH/Tk	1 kpl
TIEH/Hky	1 kpl
TIEL/Kky	1 kpl
TIEL/Tky	1 kpl

Heikki Vesa / RHe

Tielaitoksen selvityksiä 4/1990

Kalevi Ylinampa ja Heikki Vesa

Bitumistabilointi

Käytännön ohjeita

Mitoitus

Tielaitos

Oulun tuotantotekninen kehitysyksikkö

Oulu 1990

ISBN 951-47-4068-8
ISSN 0788-3722
TIEL 703899
CITY-REPRO Oy
Helsinki 1990

Julkaisua myy:
Tiehallituksen lomakevarasto

Tielaitos
Tiehallitus
Opastinsilta 12 A
PL 33
00521 HELSINKI
Puh. vaihde (90) 1541

Oulun kehitysyksikkö
PL 261
90101 OULU
Puh. vaihde (981) 570 011

UDK 625.7

Asiasanat bitumistabilointi, rakenteen parantaminen, vaahtobitumi, bitumiemulsio

TIIVISTELMÄ

Bitumistabilointi on eräs käyttökelpoinen menetelmä rakennettaessa kokonaan uutta tai parannettaessa vanhaa tietä. Sitä voidaan tehdä joko vaahtobitumilla tai bitumiemulsiolla. Bitumistabilointi parantaa rakennekerroksen ominaisuuksia. Se nostaa jäykkyyssmoduulia, pienentää vedensitomiskykyä ja vähentää kiviaineksen hienontumista. Stabilointi säästää hyvää kiviainesta muihin käyttötarkoituksiin.

Bitumistabilointi vähentää pakkasesta johtuvia poikkihalkeamia. Se ei estä routavaurioiden syntymistä päällysteeseen, jos routiva kerros on stabiloitavan kerroksen alapuolella.

Bitumistabilointi on helppo toteuttaa myös sellaisissa kohteissa, joissa liikenne käyttää työn aikana samaa ajorataa. Kaista on ajokelpoinen välittömästi esitiivistyksen jälkeen. Lisäksi stabiloitu kerros toimii kulutuskerroksena päällystämiseen asti.

Sidottu kantava kerros jakaa kuormituksia sitomatonta kerrosta paremmin eikä deformaatiosta aiheutuvia painumia tule niin helposti. Kiviaineksen oikea rakeisuus ja sopiva kosteus sekä massan riittävä tiivistys ovat ratkaisevia lopputuloksen kannalta. Bitumilla stabiloidun materiaalin lujuus kehittyy vähitellen kerroksen kuivumisen myötä.

ESIPUHE

Bitumistabiloinnin laajempaa hyväksikäyttöä on hidastanut mm. tienpitäjille soveltuvien suunnitteluohjeiden ja tiet laitoksen käyttöön hyväksytyn työselityksen puute.

Tässä julkaisussa annetaan käytännön ohjeita bitumilla sidottujen kantavien kerrosten suunnittelua ja työn suoritusta varten. Julkaisu helpottaa arvioimaan menetelmän soveltuvuutta rakenteenparantamiseen. Lisäksi valotetaan bitumistabiloinnin käyttöä uuden rakentamisessa.

Julkaisu pohjautuu kirjallisuudesta ja stabilointikohteiden tutkimuksista saatuihin tietoihin sekä kokemuksiin bitumistabilointitöiden tekemisestä. Julkaisun on laatinut tekn.yo Kalevi Ylinampa.

Julkaisu on käsitelty ASTO:n bitumistabilointityöryhmässä (TR 10 A).

Oulu 10.10.1990

Ins. Heikki Vesa

DI Heikki Suni

Sisältö

Tiivistelmä

Esipuhe

1 Johdanto	9
2 Soveltuvuus	10
2.1 Yleistä	10
2.2 Rakentaminen	10
2.3 Rakenteen parantaminen	11
2.31 Vaurioinventointi	11
2.32 Tasauksen muutos	11
2.33 Materiaalinottopaikat	12
2.4 Liikennöitävyys	12
2.5 Muut edut sekä puutteet	12
3 Suunnittelu	14
3.1 Ennakkoselvitykset	14
3.11 Materiaalit	14
3.12 Poikkileikkaus	15
3.13 Rakenteenparantamistyöt	15
3.2 Mitoitus	16
4 Kustannuksiin vaikuttavat tekijät	18
4.1 Yleistä	18
4.2 Rakentaminen	18
4.3 Kunnossapito	19
4.4 Ajokustannukset	19
5 Työn suoritus	20
5.1 Yleistä	20
5.2 Esityöt	20
5.3 Stabilointi	21
5.4 Tasaus ja tiivistys	22
5.5 Jälkihoito	23
6 Laadunvalvonta	23
Viitekirjallisuutta	25
Liitteet	

1 JOHDANTO

Tielaitos on pyrkinyt löytämään rakenteenparantamismenetelmiä, jotka säästävät rakennusmateriaaleja, ovat nopeasti toteutettavissa, lisäävät tien kestoikää ja ovat taloudellisesti kannattavia. Vaahtobitumi- (VBST) ja bitumi-emulsiostabilointi (BEST), joita käytetään kantavan kerroksen yläosan sitomisessa, ovat tällaisia vaihtoehtoja. Suomessa menetelmiä on kokeiltu vuodesta 1985 lähtien ja kokemukset ovat olleet rohkaisevia, vaikka koeaika on ollut suhteellisen lyhyt. Muutamassa tiepiirissä menetelmiä on käytetty rakenteenparantamisessa jo parin vuoden ajan.

VBST tarkoittaa menetelmää, jossa kylmä ja kostea kiviaines sidotaan vaahdotetulla bitumilla (VB) joko asema- tai paikallasekoituksena. Vaahdotus saadaan aikaan sekoittamalla ylipaineessa 2-3 % vettä kuumaan bitumiin. Tilavuus kasvaa noin 15-kertaiseksi, kun vesi höyrystyy seoksen purkautuessa suuttimista normaaliin ilmanpaineeseen. Bitumi tarttuu hienoainekseen, jolloin isompien rakeiden väliin muodostuu mastiksi. Tämä nostaa murskeen jäykkyyksiä eli E-moduulia sekä vähentää vedensitomiskykyä.

Bitumistabilointi voidaan tehdä myös käyttämällä bitumiemulsiota (BE) sideaineena. BEST ei vaadi kiviaineksen kastelua ennen stabilointia, koska emulsio sisältää vettä runsaasti. VBST ja BEST ovat lopputuloksen kannalta samanarvoisia.

Tähän julkaisuun on koottu keskeiset asiat, joiden avulla bitumistabiloinnin suunnittelussa ja toteutuksessa saavutetaan mahdollisimman laadukas ja edullinen lopputulos. Ohjeet vaativat vielä kehittelyä. Mitoitusohjeessa käytetyt pudotuspainolaitteella määritetyt dynaamiset E-moduulit saattavat olla huomattavasti suurempia uusien ohjeiden mukaan tehdyissä stabiloinneissa. Karkean kiviaineksen rakeisuuden sekä tyhjätilan vaikutuksia ei ole pystytty selvittämään riittävän tarkasti. Mitoitusta voidaan täsmentää lisätutkimuksilla, jolloin mahdollisesta ylimitoituksesta voidaan luopua. Kokemuksien karttuessa työn tekemisestä,

kuten esimerkiksi tiivistämisestä, kyetään antamaan tarkempia ohjeita.

Kirjoituksen liitteenä on Bitumistabilointitöiden alustava työselitys, johon tekstissä usein viitataan.

2 SOVELTUVUUS

2.1 Yleistä

Bitumistabilointi sopii kokonaan uuden kerroksen rakentamiseen tai käytössä olevan kantavan kerroksen ominaisuuksien parantamiseen. Hyvän kiviaineksen saatavuus alkaa olla monin paikoin erittäin vaikeaa, jolloin kuljetuskustannukset kasvavat huomattaviksi. Stabiloinnissa voidaan käyttää hyödyksi hienoaaines ja hiekka, jotka normaalisti heikentävät kantavan kerroksen materiaalia. Lisäksi huonolaatuinen kivi pysyy paremmin ehjänä sidotussa rakenteessa, jolloin tien päällystämällä ei ole välitöntä kiirettä.



Kuva 1. Kantavan kerroksen stabilointi viivoitettuna

2.2 Rakentaminen

Stabilointi voidaan tehdä asemasekoituksena, jolloin saadaan homogeenista massaa. Levitys tehdään öljysora- tai asfaltinlevittimellä. Kerralla levitettävä kerros tulee olla enintään noin 15 cm paksu, jotta tiivistys onnistuisi mahdollisimman hyvin.

Sitomattoman kantavan kerroksen materiaali hienontuu rakennusaikaisen liikenteen ja tiivistämisen vaikutuksesta. Jos rakennetun kerroksen kiviaines ei enää täytä sille asetettuja vaatimuksia, ominaisuuksia voidaan vielä parantaa stabiloimalla paikallasekoituksena. Tämä mahdollistaa samalla päällystekerroksien ohentamisen.

Ennen päällystämistä alustan painumaerot voidaan tasata esimerkiksi varastoon tehdyllä stabiloidulla massalla. Varastokasat on suojattava kuivumiselta, jotta työstettävyyttä säilyy.

2.3 Rakenteen parantaminen

2.31 Vaurioinventointi

Päällysteen vaurioinventointi on käyttökelpoinen lähtökohdasta arvioitaessa bitumistabiloinnin sopivuutta vanhan tien parantamiseen. Suuret halkeamat ja painumat osoittavat ongelman olevan kantavaa kerrosta syvemmällä. Tällaiset kohdat tulee korjata stabilointia raskaammilla toimenpiteillä, esimerkiksi massanvaihdolla tai routaeristyksellä. Kapeilla teillä suurien reunapainumien korjaamiseen tarvitaan reunan ja luiskan vahvistamista.

Kantavan kerroksen heikkous ilmenee päällysteen verkkohalkeamina ja reikiintymisenä. Ongelman poistamiseen bitumistabilointi soveltuu hyvin. Saatujen kokemusten perusteella se vähentää myös poikkihalkeamia. Lämpöliikkeistä johtuvat jännitykset jakaantunevat joustavassa sidotussa kerroksessa tasaisesti.

2.32 Tasauksen muutos

Stabiloitaessa tien tasausviivan korkeus pysyy ennallaan. Stabiloinnin vaihtoehtoina ovat massanvaihto taikka kantavan kerroksen paksuuden lisääminen, mikä lisää samalla luiskien kaltevuutta. Yleensä luiskat ovat jo valmiiksi niin jyrkät, että niihin joudutaan ajaamaan lisämaita ja sivuojat siirtämään kauemmaksi, mikä taas vaatii tiealueen

leventämistä. Sivu- ja laskuojien perkaus kannattaa kuitenkin tehdä tien parantamisen yhteydessä aina.

2.33 Materiaalinottopaikat

Materiaalinottopaikat vaikuttavat merkittävästi stabiloinnin edullisuuteen. Jos parannettavan kohteen läheisyydessä on saatavissa hyvälaatuista murskettä, kantavan kerroksen vahvistaminen kannattanee tehdä lisäämällä kerrospaksuutta mikäli se muutoin on mahdollista. Jos painumiin tarvitaan lisämateriaalia, stabiloitaessa siihen käy muuten kantaan kerrokseen kelpaamaton kiviaines.

2.4 Liikennöitävyys

Bitumistabilointi on liikenteen kannalta hyvä tien rakentamis- ja parantamismenetelmä. Ajaminen lähes koko tietöösoudella on miellyttävää, koska isoja irtokiviä ei ole eikä tie pölyä. Stabilointityö ei hidasta liikennettä päällystystöitä enempää, sillä molemmat kaistat ovat käytössä varsinaista työkohdetta lukuunottamatta. Stabilointi etenee noin yhden kilometrin päivävauhdilla tien leveydestä riippuen, joten haitta jää hyvin lyhytaikaiseksi.

Tie vaatii kunnossapitoa normaalia vähemmän, sillä bitumilla stabiloitu kerros toimii väliaikaisena kulutuskerroksena. Sidottu kerros muodostaa pian öljysoran tapaisen karkean pinnan. Irtokivet vähenevät huomattavasti parissa päivässä ja tien pinnan kuivuttua loput kivet voidaan tarvittaessa lakaista pois. Suurimmaksi sallituksi nopeudeksi voidaan asettaa 80 km tunnissa. Kiinteä pinta kestää purkautumatta muutamia viikkoja liikennemäärästä riippuen.

2.5 Muut edut sekä puutteet

Sidottu kantava kerros jakaa kuormat laajemmalle alueelle kuin sitomaton. Tien pinnan taipumat pienenevät, mikä vähentää vetojännityksiä päällysteen alapinnassa. Tämän ansiosta päällyste halkeilee vähemmän eikä vesi pääse rakenteisiin.

Bitumilla sidottuun kantavaan kerrokseen ei tule deformaatiosta aiheutuvia painumia yhtä helposti kuin päällysteisiin. Käytetty kiviaines on rakeisuudeltaan karkeampaa ja bitumia voiteluaineena on vähemmän, jolloin rakeiden kitkavoimat pääsevät vaikuttamaan paremmin.

Bitumistabiloinnin heikkoutena on pidetty liian pientä kantavuuden lisäystä. Aluksi taipumat ovat jopa alkuperäisiä suuremmat, sillä stabiloidun kerroksen lujuus kehittyy vähitellen kuivumisen myötä. Tähän vaikuttaa myös tiivistymisaste. Joustaville rakenteille kantavuus on huono mittari staattisen kuormitustapansa vuoksi.

Toinen hidaste bitumistabiloinnin yleistymiselle on ollut menetelmän kalleus. Se on kuitenkin suhteellinen käsite, joka riippuu vertailuun mukaan otettavista tekijöistä sekä työkohteiden suuruudesta. Tähän mennessä tehdyt työt ovat yleensä olleet pieniä, vain pari kolme kilometriä pitkiä osuuksia parannettavilla teillä. Menetelmän yleistyessä pinta-alat kasvavat ja neliötä kohti lasketut kaluston kiinteät kustannukset pienenevät.

Nykyään käytettyjen pitkälle jalostettujen teollisuusbitumien tilalle pyritään kehittämään edullisempia bitumilaa-
tuja.

Joissakin kohteissa ylisuuret kivet (halkaisija yli 100 mm) nostavat kustannuksia. Laitteita, jotka poistaisivat kivet esikäsitteilyn aikana edullisemmin, on jo kehitteillä. Itse stabilointikalusto on jo hyvätasoista. Lisäksi kilpailun lisääntyminen stabilointiurakoista parantaa tilannetta.

3 SUUNNITTELU

3.1 Ennakkoselvitykset

3.11 Materiaalit

Stabiloitavan materiaalin rakeisuuskäyrän ohjealue on esitetty liitteessä 1. Käyrän tulee olla suhteistunut, jotta valmiin rakennekerroksen tyhjätila saadaan mahdollisimman pieneksi (10-12 %). Jos hienoaainespitoisuus (raekoko alle 0.074 mm) on liian pieni, stabiloitavaan materiaaliin tulee lisätä esimerkiksi hienoa hiekkaa, jotta isompien rakeiden väliin saadaan riittävästi jäykistävää mastiksia. Näillä edellytyksillä mitoituksessa saadaan käyttää dynaamiselle E-moduulille arvoa 2000 MN/m^2 , muuten käytetään 1000 MN/m^2 .

Hienoaaines määrä tulee kuitenkin pitää kohtuullisena, jotta bitumipitoisuutta ei tarvitse nostaa korkeaksi. Kiviaineksen 5 %:n hienoaainespitoisuus vaatii 3.5 % bitumia massan painosta, mutta 20 %:n hienoaainespitoisuus vaatii jo 5.0 % bitumia (liite 1). Bitumipitoisuuden alarajaksi voidaan valita myös 3.0 %, mutta silloin kerroksen E-moduuli jää heikommaksi.

Materiaalin lisäykseen käy myös moreenimurske, jos se tulee sidotuksi koko paksuudeltaan. Kerrospaksuuden lisääminen voi olla tarpeen esimerkiksi jakavassa kerroksessa olevien ylisuurten kivien vuoksi. Tämä on joskus halvempi vaihtoehto kuin kivien poistaminen. Jos ylisuuria kiviä on paljon, kivet voidaan rikkoa itsekulkevalla murskaajalla.

Sideaineena voidaan käyttää pehmeämpiä bitumeja kuin päällysteissä. Stabiloinnissa bitumin viskositeetilla ei ole kovin suurta merkitystä massan jäykkyyteen. Pehmeitä bitumeja (B300-B800) käytetään teillä, joissa on heikko pohja, routanousuja ja vanhaa päällystettä. Kovia bitumeja (B120-B200) käytetään kohteissa, joissa kiviaines on murskattua. Bitumiin voidaan lisätä tartuketta parantamaan vaahtoutumista ja kiinnittymistä kosteaan kiviainekseen.

Hienoainespitoisille materiaaleille vaahdotettu bitumi sopii paremmin kun taas karkeille emulsio, sillä emulsio peittää suuret rakeet paremmin. Kiviaineslaatu ratkaisee käytettävän emulsiotyypin, joten ennakkokokeet on suoritettava ajoissa. Asemasekoituksessa emulsion liian nopea murtuminen saattaa aiheuttaa ongelmia levityksessä.

3.12 Poikkileikkaus

Tien poikkileikkaus stabiloinnin yhteydessä pysyy ennallaan, jos luiskan kaltevuus on riittävä eikä stabilointia uloteta aivan reunaan saakka. Sen sijaan kapeat, jyrkkäluiskaiset tiet pyrkivät levenemään, jolloin tien tasausviiva putoaa alkuperäisestä asemastaan. Tällöin voidaan joutua hankkimaan lisämateriaalia, mutta se olisi tarpeen jokatapauksessa mikäli tien reunat halutaan kestäviksi. Lisäykseen kelpaa myös moreeni, jos se sidotaan kokonaan.

3.13 Rakenteenparantamistyöt

Rakenteenparantamista suunniteltaessa tarvitaan tietoja tien rakenteesta. Päällysteen vaurioinventointi yleensä paljastaa ne kohdat, joissa vaurion syy on kantavan kerroksen alapuolella. Yksittäisen routakohouman aiheuttajana saattaa olla iso kivi tai kanto, joka täytyy poistaa ennen stabilointia. Routivat kohdat tulee korjata massanvaihdoilla tai routaeristyksellä.

Kerrospaksuudet ja rakeisuus saadaan selvitettyä esimerkiksi autokairauksella ja näytteenotolla. Kuitenkaan niillä ei voida selvittää kantavan ja jakavan kerroksen kivi-syyttä luotettavasti. Kairattaessa isot kivet voivat rikkoutua tai siirtyä sivuun. Tarvitaan useita muutaman neliömetrin kokoisia koekuoppia, jotta yksittäiset ylisuuret kivet (halkaisija yli 100 mm) saataisiin esiin.

Tierakenteen kunnon määrittämisessä sekä suunnittelussa voidaan käyttää avuksi pudotuspainolaitetta, mittareilla ja piirturilla varustettua täryjyrrää taikka maatutkaa, jolla voidaan selvittää myös kivisyyttä. Routanousuja voi-

daan vaaita tarvittaessa.

Tien kantavuus mitataan tierekisteriin sidotuista pisteistä suunnittelua ja jälkiseurantaa varten. Mittausajankohdiksi kannattaa valita kevät roudan sulamisen aikoihin sekä keskikesä. Kevätmittauksissa paljastuvat tiestä kestävyiden kannalta kaikkein kriittisimmät kohdat. Dynaamiset mittauslaitteet sopivat paremmin bitumilla sidottujen kerrosten tutkimiseen.

3.2 Mitoitus

Mitoitus tehdään Neste Oy:n Oulun Yliopiston Tie- ja liikennetekniikan laboratoriolla teettämän Bitumilla sidottujen liikennealueiden mitoitusohjeen mukaisesti. Siinä on sovellettu kriittisiin jännityksiin ja muodonmuutoksiin perustuvia analyttisiä mitoitusmenetelmiä. Paksujen bitumilla sidottujen rakenteiden mitoittaminen tavoitekantavuuksien avulla on vaikeaa bitumilla sidottujen kerrosten viskoelastisuuden vuoksi.

Mitoituksessa käytetään päällysrakennekerrosten ja alusrakenteen materiaaleille kuormitusajasta (lämpötilasta) riippuvia dynaamisia kimmomoduuleja (E-moduuleja eli jäykkymoduuleja). Dynaaminen kimmomoduuli on jonkin verran suurempi kuin tavoitekantavuuksiin perustuvassa mitoitusmenetelmässä käytetyt rakeisuuskäyrään perustuvat E-moduulit. Mitoitus tapahtuu neljässä vaiheessa seuraavasti:

I. Määritetään alusrakenteen E-moduuli

Alusrakenteen E-moduuli määritetään pudotuspainolaitteella kuormitetun tien pinnasta siten, että lasketaan pintamoduuli taipumasta, joka on mitattu vähintään 45 cm:n etäisyydeltä kuormituslevyn keskeltä. Kun käytetään 5 tonnin kuormitusta vastaavaa painoa ja pudotuskorkeutta sekä halkaisijaltaan 30 cm kuormituslevyä, saadaan alusrakenteen jäykkymoduuli laskettua seuraavalla sivulla esitetystä kaavasta.

$$E = \frac{0.0139}{r \cdot d(r)}$$

jossa E on alusrakenteen dynaaminen E-moduuli [MN/m²]
 r on anturin etäisyys kuormituslevyn keskeltä [m]
 d(r) on taipuma etäisyydellä r [m]

II. Määritetään kantavan/jakavan kerroksen paksuus

Kerrospaksuudet saadaan aikaisemmista suunnitelmista tai ne on selvitettävä koekuopista mittaamalla. Paksuuteen lasketaan mukaan päällyste, jos se sekoitetaan stabiloitavaan kerrokseen.

III. Määritetään kuormituskertaluku

Kuormituskertaluku (10 tonnin akseleita) määritetään Tielaitoksen mitoitusohjeiden mukaisesti. Kuormituskertaluku lasketaan molempien ajosuuntien yhteenlasketun keskivuorokausiliiketeen mukaan ja kerrotaan kertoimella, joka määräytyy leveyden perusteella seuraavasti:

Ajoratoja	Tien kokonaisleveys [m]	Kerroin
1	< 7.5	1.0
1	7.5-9.0	0.75
1	> 9.0	0.5
2	<(9.0+9.0)	0.5
3	>(9.0+9.0)	0.4

IV. Määritetään stabiloitavan kerroksen paksuus

Valitaan kohdan II sekä päällystetyypin ja stabiloitavan kerroksen E-moduulin perusteella sopiva mitoitusaulukko liitteestä 2. E-moduuliksi voidaan valita 2000 MN/m², jos kiviaineksen rakeisuuskäyrä on liitteessä 1 esitetyllä ohjealueella hyvin suhteistuneena. Lisäksi työ tulee tehdä hyvissä olosuhteissa hyviä työtapoja noudattaen, varsinkin tiivistyksen osalta.

Valitaan kohdan I perusteella sopiva mitoituskäyrä ja lue-
taan kohdassa III määritettyä kuormituskertalukua vastaava
paksuus. Mitoituksesta on esimerkki liitteessä 2.

Öljysoran määräksi riittää jopa $70-80 \text{ kg/m}^2$, sillä pääl-
lyste tarttuu hyvin stabiloidun kerroksen pintaan, jos se
on puhdas irtoaineksista. Öljysorakerroksen vaikutus mi-
toitukseen on vähäinen. Vähäliikenteisillä teillä on mah-
dollista käyttää öljysoran tilalla myös sirotepintausta.

4 KUSTANNUKSIIN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

4.1 Yleistä

Kustannusvertailussa eri menetelmien välillä täytyisi ot-
taa huomioon tienpitäjän sekä tien käyttäjien kustannuk-
set. Halvin ei aina ole edullisin vaihtoehto. Hintaeron
lisäksi myös rahassa vaikeasti arvioitavat tekijät täytyy
ottaa huomioon lopullista valintaa tehtäessä.

Jokaisessa menetelmässä vakioina pysyvät kustannukset voi-
daan jättää tarkastelun ulkopuolelle, mikäli vaihtoehtojen
kestoikä on sama. Tienpitäjälle tulee kustannuksia raken-
tamisesta ja työnaikaisesta kunnossapidosta. Tien käyttä-
jille koituu lisäkustannuksia liikennöinnistä työmaan koh-
dalla. Edellä lueteltujen tekijöiden lisäksi tulisi huo-
mioida pölyhaitat, melu ja tärinä. Hyvä palvelu on yksi
tienpitäjän tärkeimmistä tavoitteista.

4.2 Rakentaminen

Kustannuseroja syntyy eniten massojen kuljetuksissa. Sta-
biloitaessa tarvitaan mahdollisesti lisämateriaalia rakei-
suuskäyrän korjaamiseen. Kerrosten lisäämiseen tai massan-
vaihtoon tarvitaan materiaalia, jota on yhä vaikeammin
saatavissa. Stabilointiin kelpaavat huonolaatuiset murs-
keet sekä myös moreenit, joiden käyttö on yleensä edulli-
sempää. Sitomattoman kerroksen kiviaines yleensä huononee
rakentamisen aikana, kun taas stabiloinnin yhteydessä omi-

naisuudet paranevat huomattavasti.

Stabiloitaessa tien korkeustasoa ei tarvitse muuttaa. Tasaussviivan nostaminen aiheuttaa usein lisämateriaalin tarpeen myös sisäluiskissa sekä sivuojien siirtämisen ja tiealueen leventämisen. Stabiloinnin yhteydessä kannattaa parantaa myös kuivatusta, sillä saavutettava hyöty on huomattava kustannuksiin nähden.

4.3 Kunnossapito

Työnaikainen tien kunnossapito on helpompaa parannettaessa tai rakennettaessa tietä sidotuilla kuin sitomattomilla kerroksilla. Ylimääräinen höylääminen, kastelu ja suolaus jäävät pois, mikä vähentää kunnossapitokustannuksia. Kantavan kerroksen pintaan ei tarvita hienompaa tasausmursketta liikenteen sujumiseksi. Bitumilla stabiloitu kerros ei vaadi myöskään päällystettä heti, vaan se voidaan jättää liikenteelle useaksi viikoksi liikennemääristä riippuen. Pintaan työsaumojen kohdalle saattaa syntyä purkauksia, jotka kuitenkin voidaan paikata esimerkiksi vanhalla öljysoralla.

Kunnossapidosta tien valmistuttua ei ole vielä riittävän pitkäaikaisia kokemuksia. Päällysteen taipumat pienenevät ja päällysteen alapinnan vetojännitykset alenevat sidottujen kerrosten ansiosta. Päällysteen verkkohalkeilu ja purkaukumat vähenevät, joten se suojaa rakenteita kosteudelta paremmin.

4.4 Ajokustannukset

Tien käyttäjien ajokustannukset kasvavat tien pinnan huonontuessa (ajoneuvokustannus) ja nopeuden pudotessa (ajokustannus). Onnettomuuskustannuksissa muutosta tuskin tapahtuu. Rakentamisen ja parantamisen alainen tie on yleensä murskepinnalla pitkiä matkoja ja kuukausia kestävä työ ajoittuu kesäaikaan, jolloin liikennemäärätkin ovat suurimmillaan. Sen sijaan stabilointi etenee lähes kilometrin päivässä, joten haitta liikenteelle jää hyvin lyhytaikainen.

seksi. Irtokivet katoavat muutamassa päivässä ja tien pinta alkaa muistuttaa karkeaa öljysorapäälystettä. Mitä pidempään parantamistyö sitomattomia kerroksia käyttäen kestää, sitä kalliimmaksi se tulee tien käyttäjille.

5 TYÖN SUORITUS

5.1 Yleistä

Bitumistabilointi voidaan tehdä asema- tai paikallasekoitusmenetelmällä. Asemasekoituksella saadaan homogeenisempaa massaa kuin paikallasekoituksella, jossa puolestaan kuljetuskustannukset jäävät pienemmiksi.

Tämän raportin liitteenä 3 on alustava työselitys, jossa stabiloinnin eri työvaiheet on käsitelty yksityiskohtaisesti. Seuraavassa esitetään joitakin huomioita, jotka ovat avuksi varsinkin stabilointityön valvonnassa. Nämä koskevat lähinnä paikallasekoitusmenetelmää, koska siinä on useita vaativia työvaiheita.

5.2 Esityöt

Painumien korjaamiseksi ja tasauksen oikaisemiseksi päällyste rikotaan ja kantava kerros irrotetaan. Ellei ylisuurret kivet ole haittana, tämä tehdään stabilointijyrsimellä, sillä siten vanha päällyste saadaan parhaiten sekoitettua koko stabiloitavaan kerrokseen. Kivet voidaan harata tiehöylän takarepijällä, jonka takana on ohjarit nostamassa kivet pintaan. Ruukkiaura on toinen käyttökelpoinen kone ylisuurten kivien poistamisessa. Runsaskivinen jakava sora voidaan käsitellä itsekulkevalla murskaajalla, joka jättää murskatun materiaalin tielle.

Esikäsittelyn jälkeen tie tasataan oikeaan muotoon ja tiivistetään kumipyöräajyrällä parilla ylityskerralla. Tie tulee saada täsmälleen oikeaan muotoonsa, sillä muuten stabiloidusta kerroksesta ei saada tasapaksua. Erityisesti reunojen tiiveyteen on kiinnitettävä huomiota. Tien reunan

pettäessä työkoneiden alla stabiloidun kerroksen paksuusvaihtelee ja lisäksi tie levenee.

Materiaalien levitys sekä pinnan lopullinen tasaus tulee tehdä muutamalla höyläyskerralla, jotta kiviaines ei lajittuisi. Jos vanhaa päällystettä on yli 5 cm:n kerros, se tulee poistaa, jotta tietä tasattaessa päällyste ei kasaudu painumiin. Liika öljysora tekee stabiloidusta massasta helposti epästabiilin kerroksen, johon saattaa myöhemmin tulla painumia. Sekoitettavan materiaalin tulee olla tasalaatuista, jotta myös sidotusta kerroksesta saadaan homogeenista.

Tielle levitetään tarvittaessa lisämateriaalia tasaiseksi kerrokseksi ennen stabilointia. Höylätessä on varottava kiviaineksen lajittumista, jotta rakeisuus pysyisi tasaisena koko tien leveydellä. Käsiteltävä kerros kastellaan vähintään 80 %:n kosteuteen Proctor-kokeessa määritetystä optimivesipitoisuudesta. Kuivalla säällä kiviaines kuivuu sekoitettaessa, joka täytyy kastelussa ottaa huomioon. Bitumi leviää tasaisemmin märkään kiviainekseen. Kosteaa massaa on myös helpompi käsitellä.

5.3 Stabilointi

Tie stabiloidaan kaista kerrallaan, jotta työ häiritsisi liikennettä mahdollisimman vähän. Kapeilla (alle 7 m) ja hiljaisilla teillä voidaan stabilointi tehdä kolmella sekoituskerralla. Tällöin kaksipuolisen kallistuksen vuoksi keskitien jyrsintäsyvyys kasvaa ja bitumipitoisuus pienee. Tästä ei liene kuitenkaan suurempaa haittaa lopputuloksen kannalta, sillä tien reunat ovat ratkaisevia tien keston kannalta. Tien harjan muotoilu vaatii erityistä tarkkuutta, sillä tien keskiosa tiivistyy enemmän. Raskaan liikenteen alla harja painuu heti pyöreäksi, ellei tietä tiivistetä myös kesken tasausta.

Materiaalin sopiva kosteus on hyvin tärkeä sekä VB:n sekoittumisen että massan tiivistämisen kannalta. Liian pieni kosteus ei hajoita kiviainepaakkuja tarpeeksi, mutta

toisaalta liian suuri kosteus voi aiheuttaa runsaan hienoaineksen paakkuuntumisen. BE sisältää vettä, joten kiviainesta ei tarvitse erikseen kastella. Jyrsimen sekoitusaika tulee pitää riittävänä käyttämällä pientä ajonopeutta.

Hyvin sekoittunut massa on homogeenisen näköistä. Itse bitumia on vain hienoainekseen sitoutuneena ja isommat rakeet ovat paljaita. BE peittää myös isoja rakeita toisin kuin VB. Tuore VB-massa on saman väristä kuin kiviainekin, BE-massa on tummempaa. Jos suutin on tukossa, jää sille kohtaa hiukan vaaleampia juonteita. Isoja rakeita tai vanhaa päällystettä sisältävässä materiaalissa väri on tummempi kuin runsaasti hienoja aineksia sisältävässä. Tien pinta muuttuu kuivumisen myötä tummaksi.

Kiviaineksen ollessa kylmää, VB jäähtyy sekoitusvaiheessa ja vaahto laskeutuu liian nopeasti. Tämän seurauksena massassa näkyy erillisiä bitumipisaroita. Tartuke menettää vähitellen ominaisuutensa korkeassa lämpötilassa, joten bitumia ei saa pitää yli 170°C lämpötilassa useita vuorokausia. Kiviaineksen lämpötilan tulee olla yli 5°C.

5.4 Tasaus ja tiivistys

Kuivalla säällä VB-massa kuivuu jo sekoitusvaiheessa niin paljon, että kiviaines täytyy kastella ennen stabilointia 1-3 %-yksikköä optimivesipitoisuutta kosteammaksi ilman lämpötilasta riippuen. Massan käsittelyssä tarvitaan kosteutta vielä noin neljä viidesosaa optimivesipitoisuudesta. Kuivan massan höyry ja tiivistys on hyvin vaikeata, mutta toisaalta ylimääräinen vesi varaa kuivuneeseen rakenteeseen suuren tyhjätilan. Liiallisesta kosteudesta on merkinä jyrättäessä pintaan noussut vesi tai bitumi.

Tien tulee olla valmis pohja kulutuskerrokselle ilman tassaussmassan levitystä. Tien pinnasta tulee saada tiivis, jotta se kestää purkautumatta liikenteen rasitukset. Mikäli purkautumia syntyy, ne paikataan vanhalla öljysoralla. Tiivistys täytyy tehdä niin hyvin, että raskas liikenne ei aiheuta tien urautumista. Tarvittaessa reunat ja ajourien

välit voidaan tiivistää raskaasti kuormitetulla kuorma-autolla ennen päällystämistä.

Höylätessä tien reunaan ei saa muodostua palletta, joka estää sadeveden virtaamisen sivuojaan. Emäterän päässä oleva kohtisuora stoppariterä, joka lasketaan tarvittaessa alas, on osoittautunut hyväksi apuvälineeksi. Samalla se estää kiviaineksen lajittumista höyläyksen yhteydessä.

Liikennejärjestelyt tehdään normaalin tietyön tapaan. Työkohteessa ei tarvitse sulkea työn alla olevaa kaistaa kokonaan, sillä liikenteen aiheuttama kuormitus ei vahingoita bitumilla sidottua kerrosta. Liikenne ohjataan ainoastaan työkoneiden ohi.

5.5 Jälkihoito

Bitumistabilointi ei vaadi muuta jälkihoitoa kuin mahdollisten purkautumien paikkausta öljysoralla. Kulutuskerros kannattaa tehdä vasta muutaman viikon kuluttua stabiloinnista, jotta pintakerros ehtisi kuivua ja kovettua. Tarvittaessa tie harjataan puhtaaksi pölystä ja irtokivistä. Tällöin päällyste tarttuu hyvin stabiloituun kerrokseen ja ohut päällystekerros ($70-80 \text{ kg/m}^2$) kestää purkautumatta. Myös sirotepintausta tarttuu hyvin puhdistettuun pintaan.

6 LAADUNVALVONTA

Valvonta tulee olla jatkuvaa työn seuraamista. Virheitä on jälkeinpäin hyvin vaikea kontrolloida. Ne eivät tule esille laboratoriotuloksissa, sillä niiden hajonnat ovat muutenkin melko suuria johtuen mm. kiviaineksen rakeisuuden vaihtelusta.

Bitumistabilointitöiden työselityksessä on esitetty tarvittavat näytteenotot ja tutkimukset. Massanäytteiden otto on helpompaa ja tarkempaa tiivistämättömästä kuin tiivistetystä kerroksesta. Koekuopasta tulisi saada mahdollisimman lieriömäinen sitomattomaan kerrokseen asti. Samasta

paikasta mitataan kerroksen paksuus tiivistyksen jälkeen. Näytteitä ei saa ottaa työsaumoista.

Kantavuusarvoissa hajontaa lisäävät useat tekijät. Pohjavedenpinnan korkeus ja materiaalien kosteus vaikuttavat tuloksiin ratkaisevasti. Bitumilla sidotut kerrokset ovat viskoelastisia, joten taipumien mittaaminen levykuormituslaitteella tai Benkelman-palkilla on epämääräistä. Kuormitus-aika tulisi olla vastaava kuin liikenteellä. Päällysteen ja stabiloidun kerroksen lämpötilat vaikuttavat myös tuloksiin.

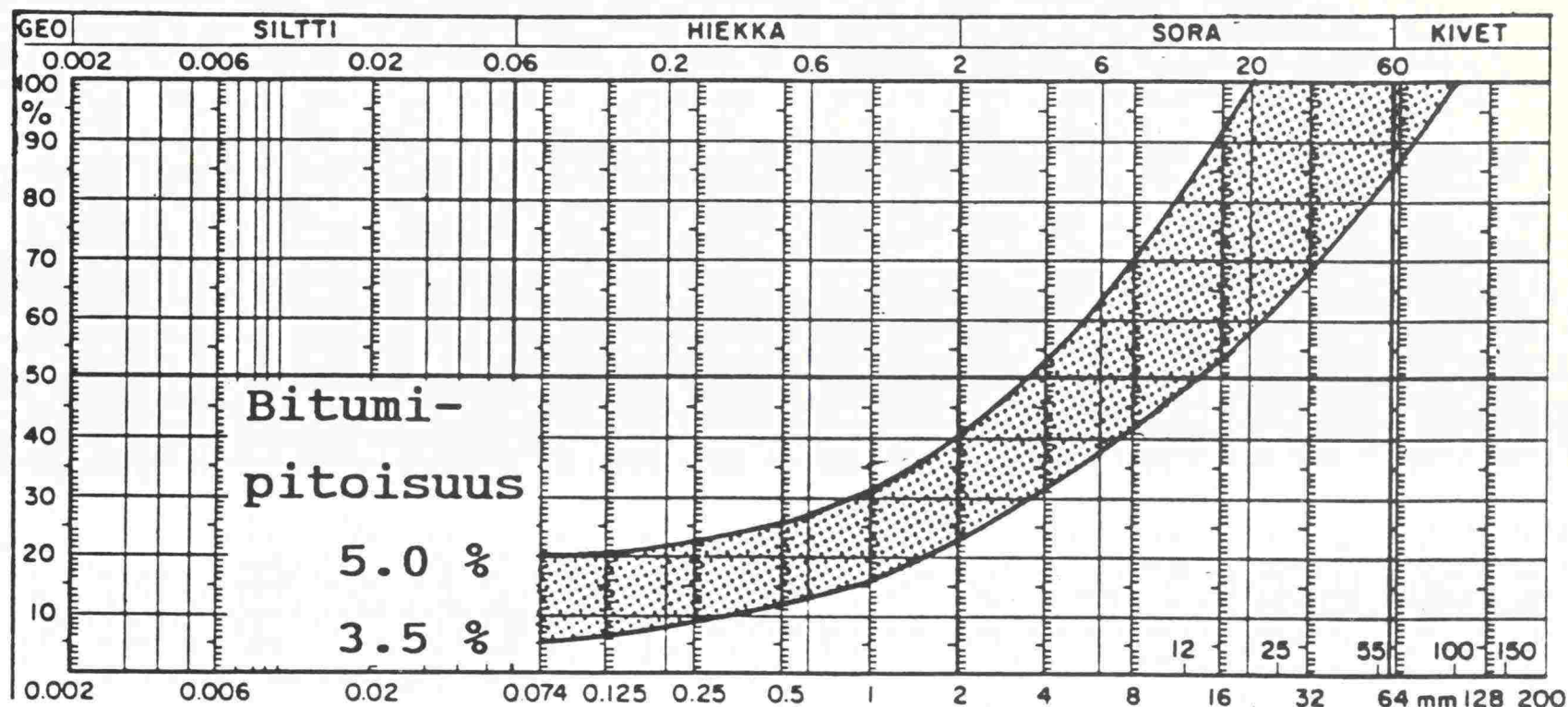
Stabiloidun kerroksen kovetuttua siitä on mahdollista tutkia tyhjätila. Poranäytteet saadaan ehjänä hyvin tiivistetystä massasta, ellei lieriön keskelle satu isoa kiveä. Näytteenotto onnistuu paremmin, jos lieriön halkaisija on riittävän suuri, esimerkiksi 150 mm.

SUOMALAISTA VIITEKIRJALLISUUTTA

Äijö, J., Vaahtobitumiasfaltin käyttö kantavuuden parantamiseen. Otaniemi 1985. Teknillinen korkeakoulu. Diplomityö.

Bitumistabilointi, koetiet 1985-1988. PANK ry, Stabilointitoimikunta. Raportti 1989.

Neste Oy, Bitumilla sidottujen liikennealuiden mitoitusohje. Espoo 1990.



Kuva 1. Vaahtobitumistabilointiin sopivan maalajin ohjealue

Tehtävänä on määrittää stabiloitavan kerroksen paksuus ös-tielle, jossa sitomattoman kantavan/jakavan kerroksen pak-suus on 30 cm. Tien poikkileikkauksen (8/7) mitoitustajan liikennemäärä on $3 \cdot 10^5$.

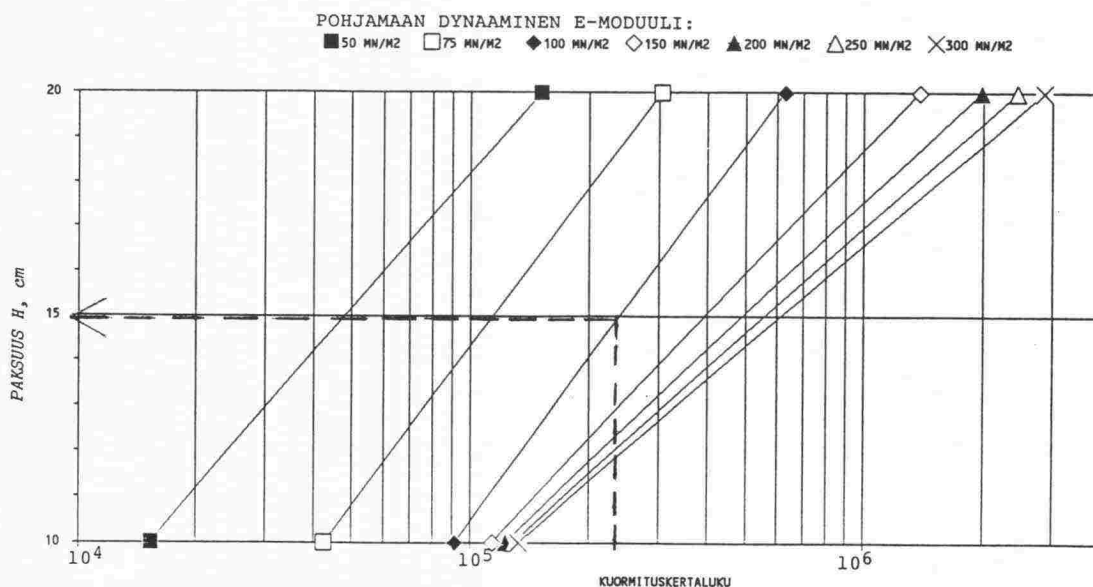
- I Pudotuspainolaitteella on mitattu 0.45 m etäisyydellä kuormituslevyn keskeltä taipumaksi 0.31 mm. Alusra-kenteen dynaamiseksi E-moduuliksi saadaan:

$$E = \frac{0.0139}{0.45 \cdot 0.00031} \text{ MN/m}^2 = 100 \text{ MN/m}^2$$

- II Parannettavan tien kantava/jakava kerros 30 cm.

- III Tien poikkileikkauksen 8/7 leveyskerroin on 0.75, jo-ten kuormituskertaluvuksi tulee $0.75 \cdot 3 \cdot 10^5 = 2.3 \cdot 10^5$.

- IV Valitaan stabiloidun kerroksen E-moduuliksi 1000 MN/m². Liitteestä 2/1 luetaan kuormituskertalu-kua ja alusrakenteen E-moduulia vastaava stabiloidun kerroksen paksuus.



Stabiloitavan kerroksen paksuudeksi saadaan 15 cm, jonka päälle tulee 4 cm ös.

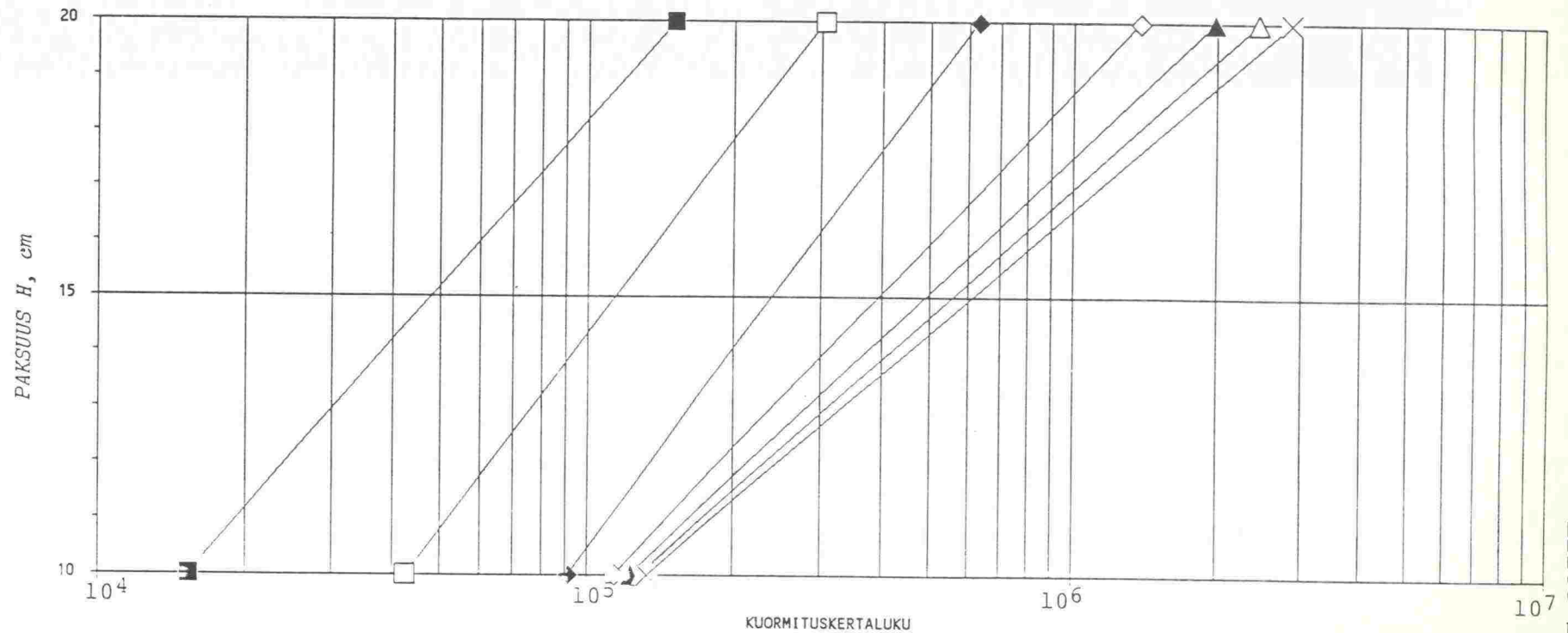
ÖS + BITUMISTABILOINTI
 VANHA KANTAVA/JAKAVA 200...300 mm
 $E_{stab} = 1000 \text{ MN/m}^2$

TYYPPI:



POHJAMAAN DYNAAMINEN E-MODUULI:

■ 50 MN/M2 □ 75 MN/M2 ◆ 100 MN/M2 ◇ 150 MN/M2 ▲ 200 MN/M2 △ 250 MN/M2 × 300 MN/M2



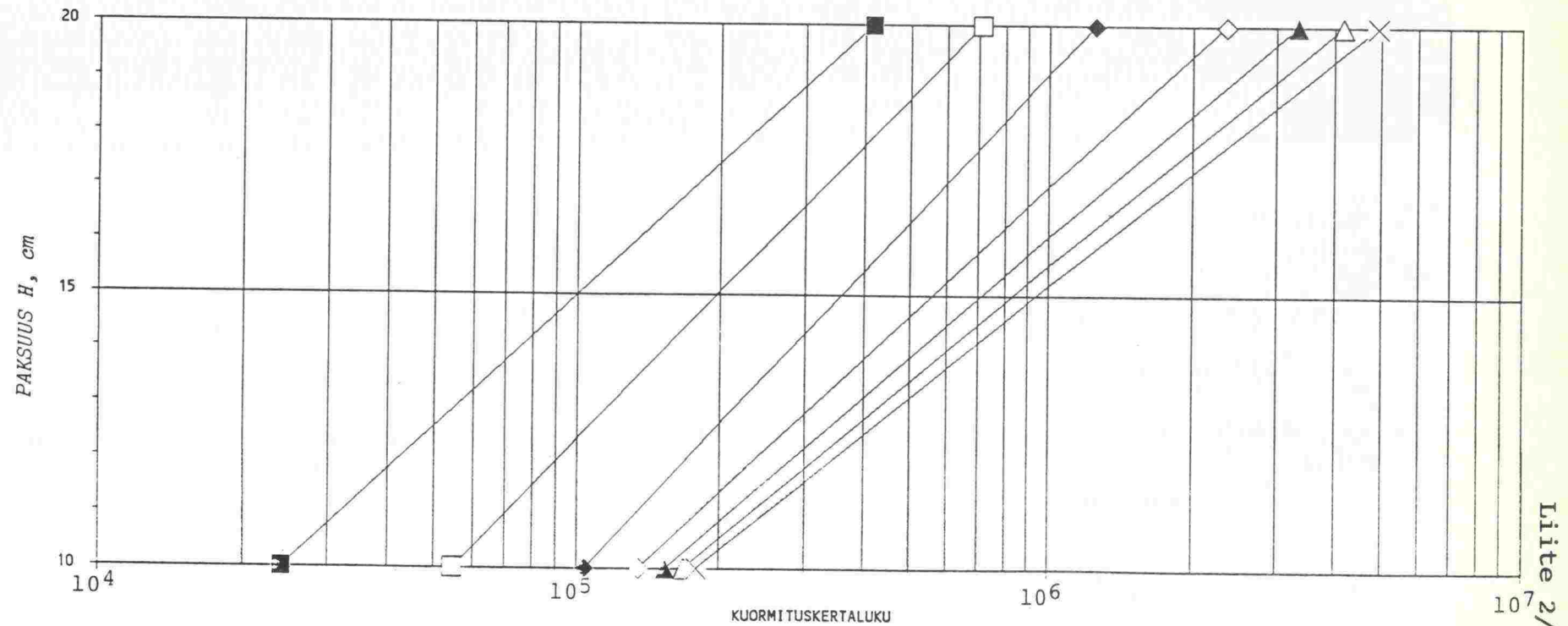
ÖS + BITUMISTABILOINTI
 VANHA KANTAVA/JAKAVA 200...300 mm
 Estab = 2000 MN/m²

TYYPPI:



POHJAMAAN DYNAAMINEN E-MODUULI:

■ 50 MN/M² □ 75 MN/M² ◆ 100 MN/M² ◇ 150 MN/M² ▲ 200 MN/M² △ 250 MN/M² × 300 MN/M²



S10S4050.XLC

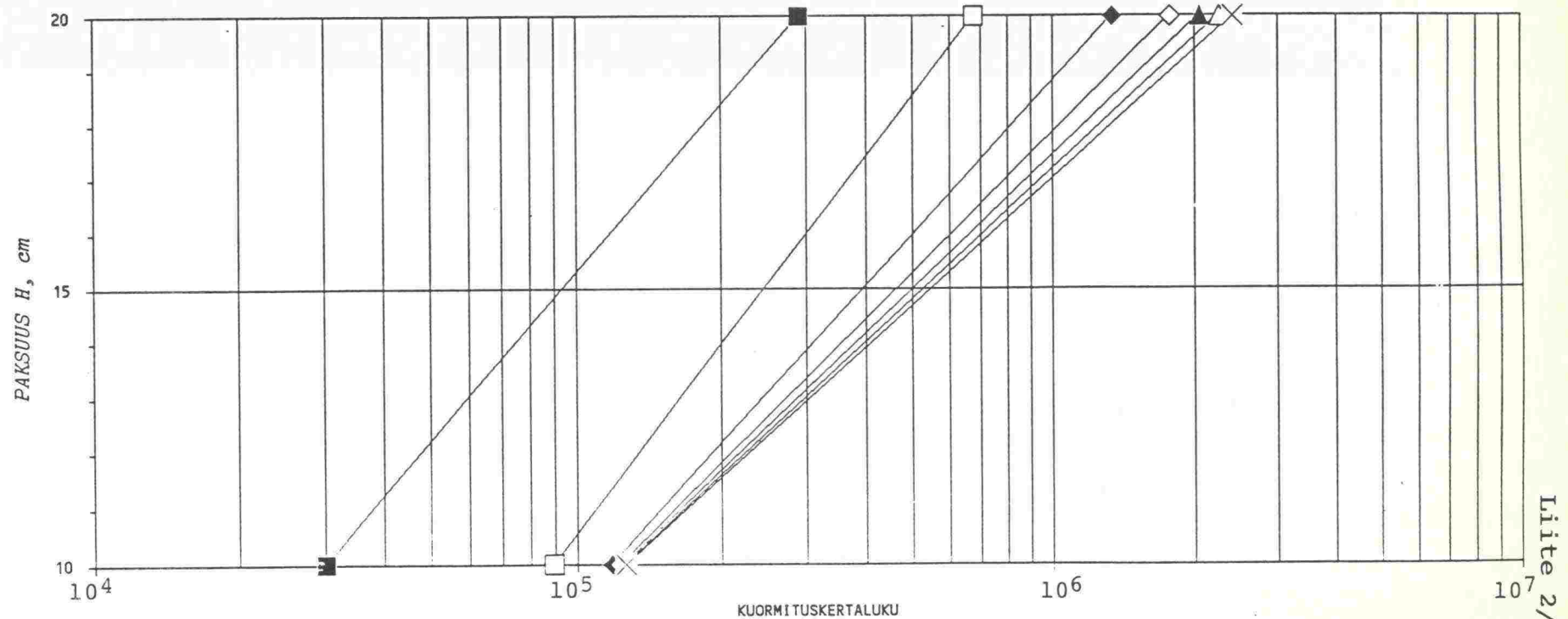
ÖS + BITUMISTABILOINTI
VANHA KANTAVA/JAKAVA 400...500 mm
E_{stab} = 1000 MN/m²

TYYPPI:



POHJAMAAN DYNAAMINEN E-MODUULI:

■ 50 MN/M2 □ 75 MN/M2 ◆ 100 MN/M2 ◇ 150 MN/M2 ▲ 200 MN/M2 △ 250 MN/M2 × 300 MN/M2



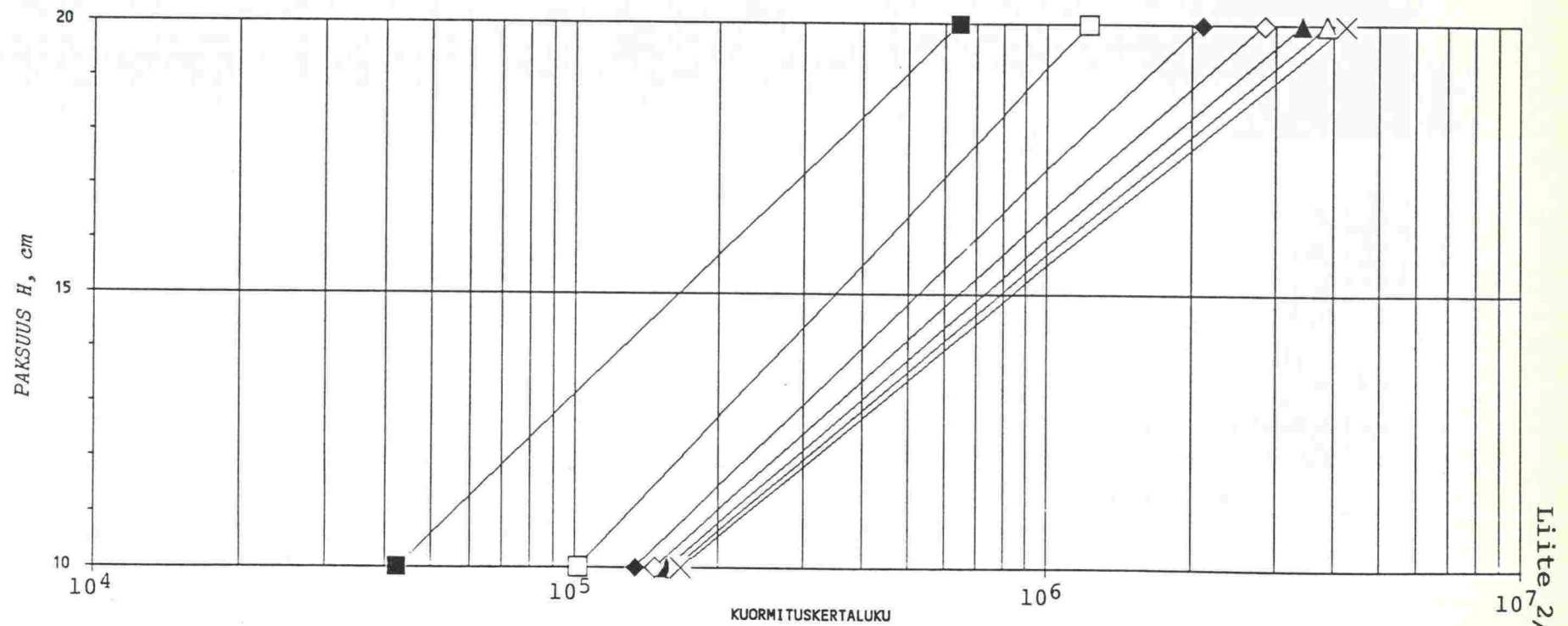
ÖS + BITUMISTABILOINTI
 VANHA KANTAVA/JAKAVA 400...500 mm
 $E_{\text{stab}} = 2000 \text{ MN/m}^2$

TYYPPI:



POHJAMAAN DYNAAMINEN E-MODUULI:

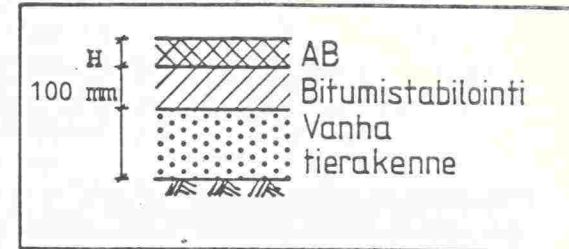
■ 50 MN/M2 □ 75 MN/M2 ◆ 100 MN/M2 ◇ 150 MN/M2 ▲ 200 MN/M2 △ 250 MN/M2 × 300 MN/M2



STABAB20.XLC

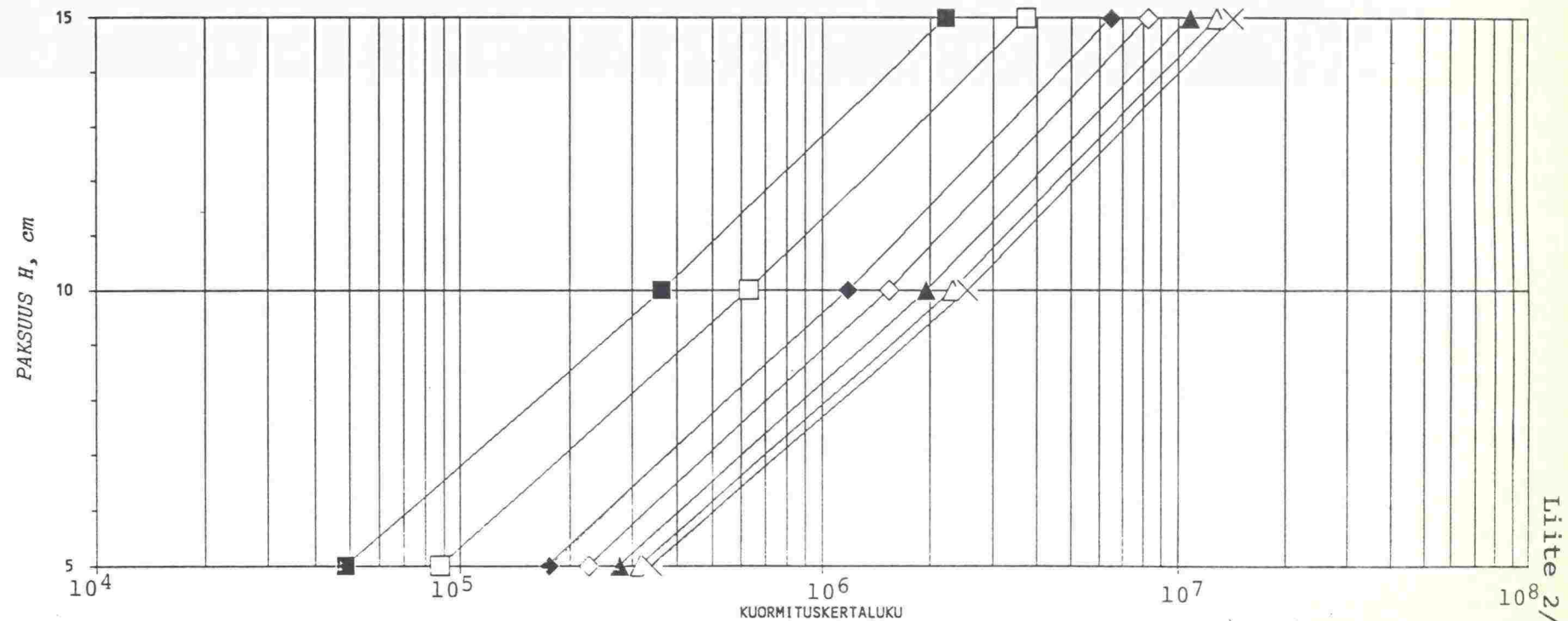
AB + BITUMISTABILOINTI
VANHA KANTAVA/JAKAVA 200...300 mm
Estab = 2000 MN/m²

TYYPPI:



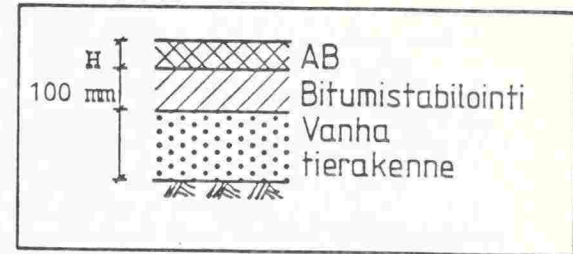
POHJAMAAN DYNAAMINEN E-MODUULI:

■ 50 MN/M2 □ 75 MN/M2 ◆ 100 MN/M2 ◇ 125 MN/M2 ▲ 200 MN/M2 △ 250 MN/M2 × 300 MN/M2



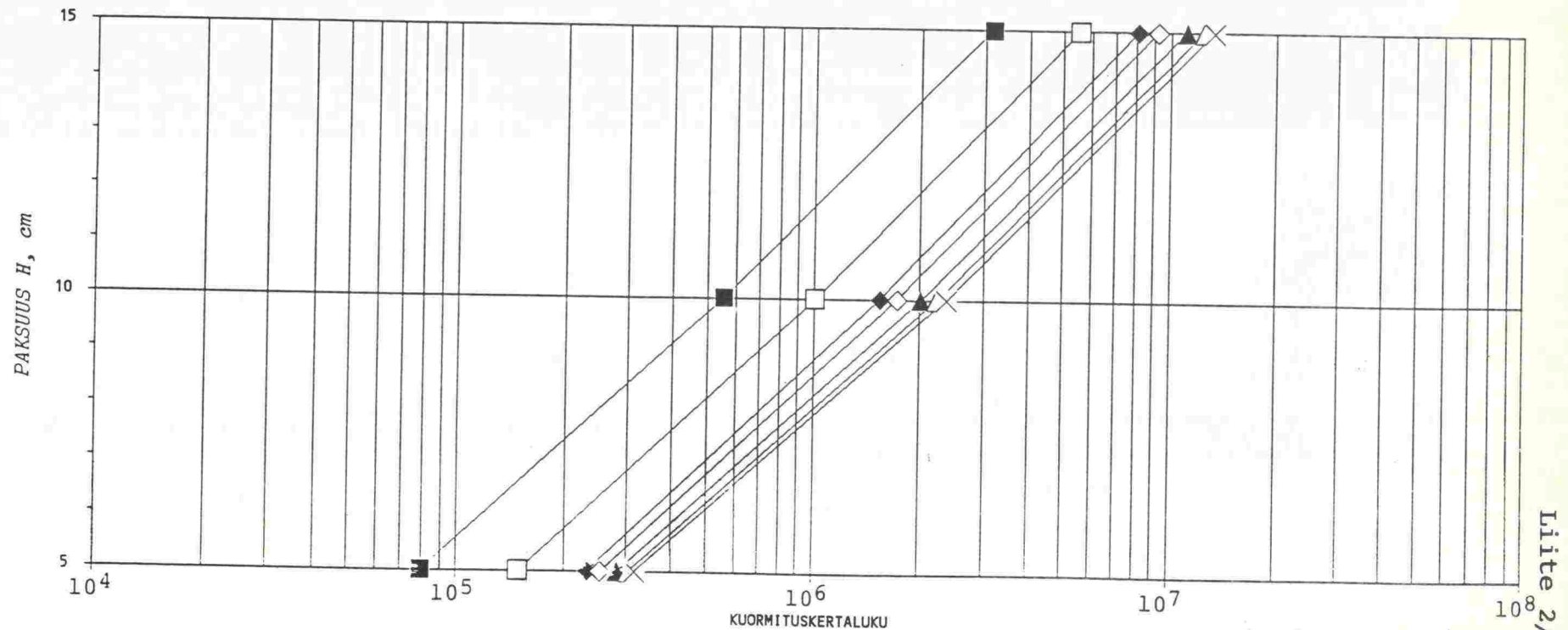
AB + BITUMISTABILOINTI
 VANHA KANTAVA/JAKAVA 300...400 mm
 Estab = 2000 MN/m²

TYYPPI:



POHJAMAAN DYNAAMINEN E-MODUULI:

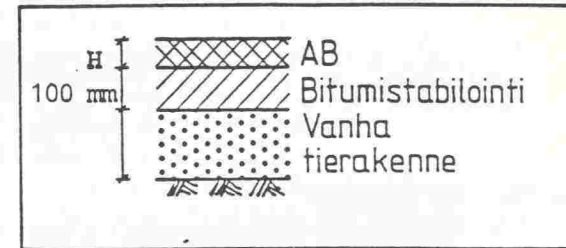
■ 50 MN/M2 □ 75 MN/M2 ◆ 100 MN/M2 ◇ 125 MN/M2 ▲ 200 MN/M2 △ 250 MN/M2 × 300 MN/M2



STABAB40.XLC

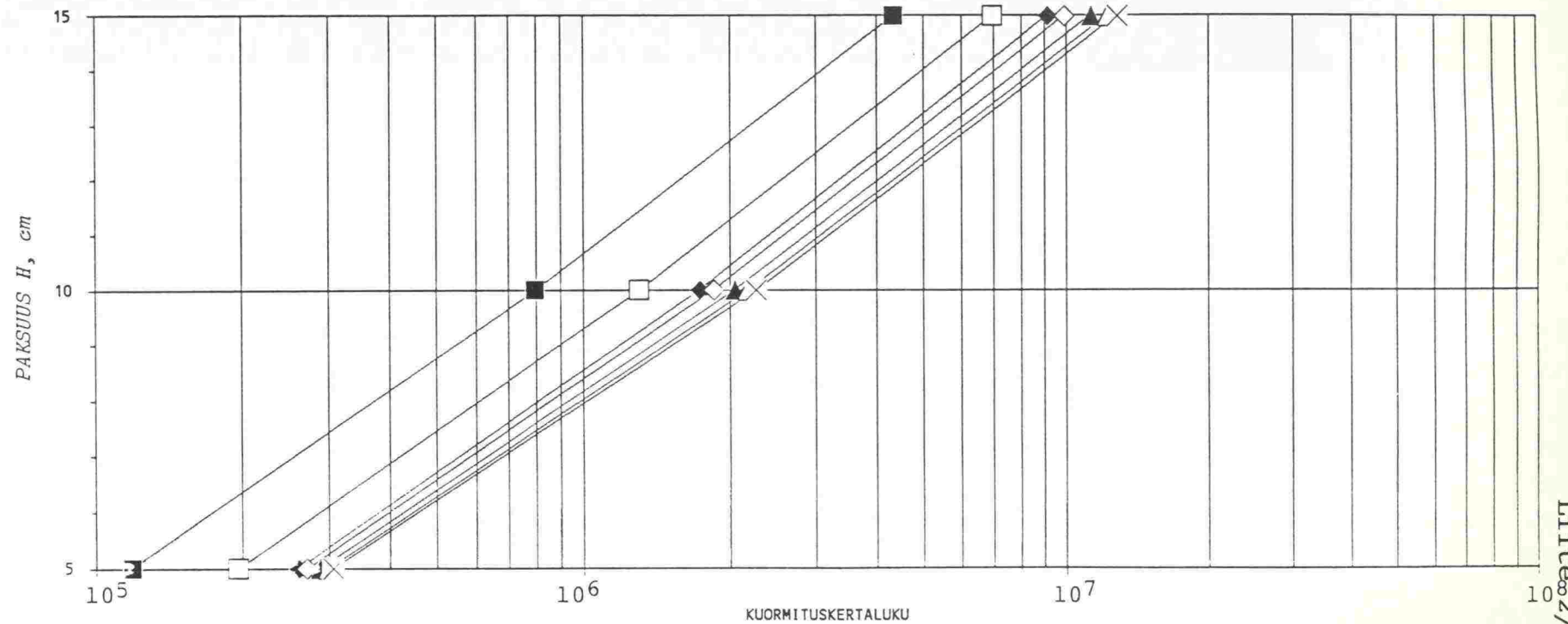
AB + BITUMISTABILOINTI
VANHA KANTAVA/JAKAVA 400...500 mm
 $E_{stab} = 2000 \text{ MN/m}^2$

TYYPPI:



POHJAMAAN DYNAAMINEN E-MODUULI:

■ 50 MN/M2 □ 75 MN/M2 ◆ 100 MN/M2 ◇ 125 MN/M2 ▲ 200 MN/M2 △ 250 MN/M2 × 300 MN/M2



TIELAITOS

10.10.1990

Oulun kehitysyksikkö

Kalevi Ylinampa

BITUMISTABILOINTITÖIDEN ALUSTAVA TYÖSELITYS 1990**1. YLEISTÄ**

Bitumistabilointi tarkoittaa menetelmää, jossa kantavan tai jakavan kerroksen materiaalia sidotaan bitumilla. Tämä tehdään joko asema- tai paikallasekoitusmenetelmällä. Sideainetta on yleensä 3-5 % valmiin massan painosta. Stabilointi voidaan tehdä joko bitumiemulsiolla (BEST) tai vaahdotetulla bitumilla (VBST). Bitumi saadaan vaahtoamaan sekoittamalla siihen 2-3 % vettä.

Tässä työselityksessä annettujen ohjeiden lisäksi työsuoritusta koskevia ohjeita ja määräyksiä on annettu mm. alusrakenteen ja päällysrakenteen sitomattomien kerrosten laadunvalvontaohjeissa (TVH 732816), tietöiden liikenteen järjestelyä (TVH 742000), asfalttiaseman ympäristönsuojelua (TVH 732794), päällystystöiden työsuojelua (TVH 732798) ja murskaustöiden työsuojelua (TVH 732717) koskevissa ohjeissa sekä murskaus- ja päällystystyön valvontaohjeissa (TVH 732810 ja TVH 732815).

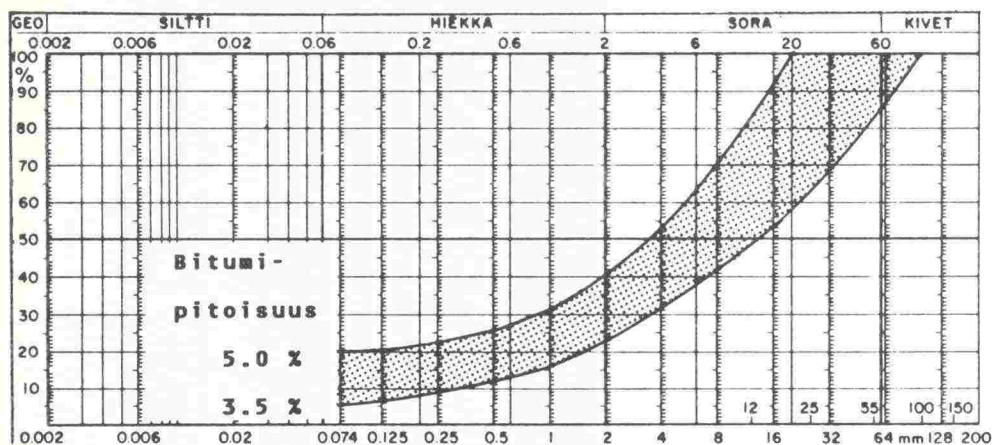
Työssä on käytettävä hyviksi havaittuja työmenetelmiä ja rakennusaineita sekä ammattitaitoista työnjohtoa ja työntekijöitä. Työkoneiden ja laitteiden tulee täyttää turvallisuusmääräykset. Työstä ei saa aiheutua ympäristölle tai yleiselle liikenteelle tarpeetonta haittaa.

2. RAAKA-AINEET

Kiviaineksen rakeisuuskäyrän tulee olla kuvassa 1 esitetyllä ohjealueella. Jos hienoainesta on liian vähän, tulee

kiviainesta parantaa esimerkiksi hienolla hiekalla. Stabi-
loitavasta kerroksesta poistetaan tai murskataan yli
100 mm:n kivet. Kiviaines ei saa sisältää eloperäisiä ai-
neksia. Kiviaineksen lämpötilan tulee olla yli $+5^{\circ}\text{C}$.

Sideaineena käytetään bitumilaatuja B120, B200, B300 tai
B800. Määrä valitaan hienoainespitoisuuden eli seulan
0.074 mm läpäisyprosentin perusteella. Hienoainesmäärää
5 % vastaa 3.5 % bitumia ja 20 % vastaa 5.0 % bitumia
(kuva 1). Vaahto-bitumistabiloinnissa bitumin lämpötilan
tulee olla $+165 \pm 5^{\circ}\text{C}$. Lisäaineena voidaan käyttää kor-
keita lämpötiloja kestävää tartuketta. Bitumin vaahdotus-
aineena käytetään puhdasta vettä.



Kuva 1. Bitumistabilointiin sopivan maalajin ohjealue

3. ALUSTA

3.1 Asemasekoitusmenetelmä

Bitumikerroksen alustan tulee olla oikeassa korkeustasos-
sa, tasainen, mahdollisimman tasalaatuinen ja riittävän
kantava. Heikosti kantavat kohdat on korjattava esimerkik-
si massanvaihdolla tai kuivatusta tehostamalla. Routivat
kohdat on korjattava esimerkiksi massanvaihdolla tai läm-
pöeristyksellä.

3.2 Paikallasekoitusmenetelmä

Stabiloitavan kerroksen tulee olla oikeassa korkeustasossa, tasainen, mahdollisimman tasalaatuinen ja riittävän kantava. Heikosti kantavat kohdat on korjattava esimerkiksi massanvaihdolla tai kuivatusta tehostamalla. Routivat kohdat on korjattava esimerkiksi massanvaihdolla tai lämpöeristyksellä.

Parannettaessa vanhaa tietä, se tasataan ja tiivistetään, jotta stabiloitavasta kerroksesta saataisiin tasapaksu. VBST edellyttää kiviaineksen kastelua, jonka vuoksi vanha päällyste on rikottava. Vanha päällysteaines, jos sen paksuus ylittää 5 cm, on poistettava tai sekoitettava esijyr-sinnällä stabiloitavaan kerrokseen. Tasaus on tehtävä sitten, että kiviaines ei lajitu. Mikäli stabiloitavan kerroksen rakeisuus ei ole kuvassa 1 esitetyllä ohjealueella, poistetaan taikka murskataan ylisuuret kivet tai lisätään puuttuvaa lajitetta tasainen kerros tasatulle ja tiivistetylle tielle.

VBST:a varten stabiloitavan kiviaineksen optimivesipitoisuus tulee määrittää Proctor-kokeella. Stabiloitava kerros tulee kastella siten, että stabiloinnin jälkeen kosteus on vielä noin neljä viidesosaa optimivesipitoisuudesta. Stabiloinnin yhteydessä kosteudesta häviää 1-3 %-yksikköä säästä riippuen. Jos kiviaineksen vesipitoisuus on liian suuri, saadaan stabilointi aloittaa vasta sitten, kun liikkakosteus on poistunut.

4. MASSAN VALMISTUS JA LEVITYS

4.1 Asemasekoitusmenetelmä

Massa on tehtävä bitumipitoisuudeltaan sekä rakeisuudeltaan niitä koskevien työkohtaisessa työselityksessä mainittujen ohjearvojen mukaisesti, ellei toisin sovita. Massan vesipitoisuuden tulee tielle levitettäessä olla noin 80 % optimivesipitoisuudesta.

Vaahdotobitumimassa voidaan valmistaa asfaltti- tai öljyso-
ra-aseamalla, johon on rakennettu asianmukaiset bitumin
vaahdotuslaitteet. Asema voi toimia joko annos- tai jatku-
vasekoitusperiaatteella.

Massa levitetään asfaltinlevittimellä. Levitys on suori-
tettava siten, että työsaumojen määrä jää mahdollisimman
pieneksi. Vierekkäisten levityskaistojen päät pyritään
saamaan samalle tasalle työvuorojen päättyessä.

Massan levitystä ei saa tehdä ilman lämpötilan ollessa al-
le $+5^{\circ}\text{C}$. Työ on keskeytettävä runsaiden sateiden ajaksi.

4.2 Paikallasekoitusmenetelmä

Massa on tehtävä bitumipitoisuudeltaan sekä rakeisuudel-
taan niitä koskevien työkohtaisessa työselityksessä mai-
nittujen ohjearvojen mukaisesti, ellei toisin sovita. Mas-
san vesipitoisuuden tulee ennen tiivistystä olla noin 80 %
optimivesipitoisuudesta. Työssä käytetään stabilointijyr-
simiä, jotka sekoittavat materiaalit tasalaatuiseksi mas-
saksi. Erillisiä bitumipaakkuja ei saa esiintyä, vaan bi-
tumin tulee olla sitoutuneena hienoaineksiin.

VBST:ssa isommat rakeet saavat jäädä paljaiksi. Bitumin
syöttö tulee pysyä vakiona pinta-alayksikköä kohti. Bitu-
min lämpötila ei saa laskea alle $+160^{\circ}\text{C}$ ennen kiviainek-
seen sekoitusta.

Sekoitusjyrsintä aloitetaan tien reunasta puoli kaistaa
kerralla. Kerros tiivistetään kumipyöräjyrrällä riittävän
hyvin. Tämän jälkeen stabiloidaan ja tiivistetään saman
kaistan toinen puoli. Pinta tasataan tiehöylällä kaista
kerrallaan, jonka jälkeen löyhtynyt kerros tiivistetään
täryjyrrällä. Seuraavaksi stabiloidaan toinen kaista samal-
la tavalla. Kapeat tiet voidaan stabiloida myös kolmella
ajokerralla. Eri kaistojen työsaumat pyritään saamaan sa-
malle tasalle työvuoron päättyessä.

Stabilointia ei saa tehdä ilman tai kiviaineksen lämpötilan ollessa alle +5°C. Työ on keskeytettävä runsaiden sateiden ajaksi.

5. TIIVISTYS

Kumipyöräjyrän rengaspaine tulee olla 6-8 kg/m² ja pyöräpaino 4.0-4.5 t. Täryjyrän valssille tuleva paino tulee olla 6-8 t, iskunpituus 0.4-0.9 mm ja taajuus 35-50 Hz. Jyräysnopeus tulee olla noin 3 km/h.

Asemalla sekoitetun massan tiivistys on aloitettava heti levityksen jälkeen. Alkutiivistyksessä käytetään kumipyöräjyrrää (6-8 ylityskertaa) ja lopputiivistyksessä täryjyrrää (2-4 ylityskertaa). Tiivistys tulee saattaa loppuun kunkin työosuuden kohdalla kahden tunnin kuluessa massan valmistuksesta.

Paikallasekoituksessa kumipyöräjyrän tiivistettyä (6-8 ylityskertaa) koko kaistan tiehöylä irrottaa pinnasta maksimiraekokoa vastaavan kerroksen lopullista tasausta varten. Löyhtynyttä kerrosta käsitellään siten, että materiaali ei pääse lajittumaan. Lopputiivistys tehdään täryjyrällä 2-4 ylityskerralla. Tiivistämisen jälkeen pinnan tulee olla kiinteä, jotta se kestäisi purkautumatta liikenteen rasitukset.

6. TYÖSAUMAT

Poikittaisissa työsaumoissa sekoitusjyrsintä aloitetaan jo aikaisemmin stabiloidulta osuudelta. Pitkittäisissä saumakohdissa seuraava ajokerta ulotetaan 10-15 cm aikaisemmin stabiloidulle puolelle.

Pintaa tasattaessa bitumitonta kiviainesta ei saa kulkeutua stabiloidulle osuudelle. Työsaumat tulee tehdä siten, että pinta on kiinteä ja täyttää tasaisuusvaatimukset.

7. TASAISUUS

Pinnan taseus tulee tehdä siten, että erillistä tasausta ennen tien päällystämistä ei tarvita. Kerroksen tiivistys tulee tehdä niin hyvin, ettei raskas liikenne aiheuta tien urautumista. Tasaisuusmittaukset tehdään 5 m:n oikolaudalla. Suurin sallittu epätasaisuus on 20 mm. Tien sivukaltevuuden tulee olla suunnitelmien mukainen.

8. NÄYTTEET JA TUTKIMUKSET

8.1 Materiaalinäytteet

Kiviaineksesta tutkitaan vesipitoisuus ennen stabilointia. Troxleria käytettäessä on huomattava, että kerroksessa mahdollisesti oleva bitumi vaikuttaa tuloksiin.

Massanäytteitä otetaan yksi alkavasta 2000 m² työmäärästä, kuitenkin vähintään 12 kpl/työmaa. Asemasekoitusmenetelmää käytettäessä näytteet otetaan asemalla, paikallasekoitusmenetelmää käytettäessä ennen tiivistämistä stabilointijyrsimen keskikohdalta. Massanäytteistä tutkitaan bitumi- ja vesipitoisuus sekä rakeisuus.

Työmaalle tuodusta bitumista otetaan yksi näyte, josta tehdään normaalit bitumin laatututkimukset.

8.2 Bitumipitoisuus

Massanäytteen bitumipitoisuus saa poiketa ohjearvosta 0.5 %-yksikköä. Työvuorottain käytetyn bitumimäärän on oltava vähintään ohjearvon edellyttämän määrän suuruinen.

8.3 Kerroksen paksuus

Stabiloidun kerroksen paksuus mitataan koekuopista loppu-
tiivistyksen jälkeen. Paksuus saa poiketa ohjearvosta enintään 20 mm. Paksuusmittauksia tehdään yksi alkavaa 2000 m² kohti, kuitenkin vähintään 12 kpl/työmaa.

8.4 Kantavuusmittaukset

Massan kuivuminen kestää useita viikkoja jopa kuukausia. Kantavuuden maksimi-arvot saavutetaan vasta vuoden tai kahden kuluttua.

Mitattavat pisteet tulee olla samat kuin ennakkomittauksissa. Dynaamiset kuormituslaitteet soveltuvat bitumilla sidottujen kerrosten tutkimiseen.

9. JÄLKIHOITO

Työkohteessa työn alla olevaa kaistaa ei tarvitse sulkea, sillä kuormitus ei vahingoita bitumilla sidottua kerrosta. Liikenteen aiheuttamat purkautumat paikataan öljysoralla. 2-6 viikon kuluttua stabiloinnista tehdään kulutuskerros pinnalle, josta irtoaineet on poistettu.

TIELAITOKSEN SELVITYKSIÄ

- 1/1990 Liikenneonnettomuuksien aikasarjaennuste vuodelle 1990/1990, 16 s.,
TIEL 741863
- 2/1990 Liuskapystyöjakenttien toiminnasta/1990, 64 s. + liitteet, TIEL 703344
- 3/1990 Tiepenkereen holvautuminen, teoreettinen osa/1990, 46 s. + liitteet,
TIEL 703343
- 4/1990 Bitumistabilointi: käytännön ohjeita, mitoitus/1990, 25 s. + liitteet,
TIEL 703899